

電子撮像装置

Electronic Imaging Apparatus

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

本発明は、従来行なわれていた光量調節方式のうち開口絞りの開口径を変化させる方式に代えて、光学系の内部透過率を変化させる方式により光量調節を行なうようにした電子撮像装置に関するものである。

2. Description of the Related Art

最近のデジタルカメラをはじめとする電子撮像装置においては、その小型化や薄型化が進展してきている。この小型化や薄型化は、主に電気回路や記録媒体の小型化によるところが大きい。そして、電気回路や記録媒体の小型化が進んだ結果、光学系の撮像装置全体に占める大きさの割合が相対的に増大してきている。そこで、光学系に関しても、特にズームレンズでは撮像素子の小型化を通じて小型化が行われている。例えば、撮影時に光学系がせり出し携帯時に電子撮像装置筐体内に収納される、いわゆる沈胴式鏡筒といった機械的手段を用いることによって、小型化あるいは薄型化に対応してきた。

しかし、小型化が進展するにつれて、光学系を構成するレンズ要素の物理的加工限界、メカ機構の機械的強度限界及び製作精度の限界等により、撮像素子の小型化の進展に比例して光学系全体を小型化することには限界が生じている。そこで、非球面や高屈折率低分散硝材を使用して構成要素を極限まで減らすことが行われているが、それも基本仕様の確保や収差補正上限界に到達している。そのため、従来のように光学素子を一直線状に配置する構成では、光学系の体積や全長の小型化あるいは前記沈胴時の奥行き方向への薄型化は限界に来ている。

そこで、特に奥行き方向への薄型化を実現する方法として、光学系内に光路を折り曲げるための反射面を有したものが提案されている。また、機構を簡単

にする目的で、例えば、光学フィルタやダイクロイックミラーの代わりに複数の透過光の波長範囲が互いに異なる複数のエレクトロクロミック素子を配置してこれらを組合せて用いるようにしたもの（特公平5-27083号及び特開平11-160739号参照）が提案されている。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明による電子撮像装置は、屈折力を持つ面を少なくとも1つ有するか又は平面と少なくとも2つの透過面を有する第1の光学素子と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透過面又は反射面を有する第2の光学素子とを含み、前記第1の光学素子の1つの面と前記第2の光学素子の1つの面とで前記化学物質を挟むように配置された光学成分を含む光学系を有することを特徴としている。

また、本発明の電子撮像装置は、波長520nmにおける前記第1の光学素子、化学物質及び第2の光学素子の全体の透過率を τ_{520} とすると、 $\tau_{min} \leq \tau_{520} \leq \tau_{max}$ 全域での分光透過率が、好ましくは、次の条件式を満足する。

$$0.70 < \tau_{440} / \tau_{520} < 1.20$$

$$0.80 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.30$$

但し、 τ_x （xは数字）は波長xnmの透過率である。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、次の条件式を満足する前記光学系と電子撮像素子とを有する。

$$F > a \quad (a \leq 3.5 / \mu m)$$

但し、Fは前記光学系における最も焦点距離が短い状態での開放F値、aは前記光学系を通して得られた物体像を電気信号に変換する前記電子撮像素子の水平又は垂直方向の画素ピッチ（ μm ）である。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、前記光学系における最も像側のレンズ群が変倍時に固定されている。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、前記光学系における最も像側のレンズ群が全体で1つのレンズ成分で構成され、前記レンズ成分を構成する屈折力を持つ光学素子のうちの1つが前記第1の光学素子である。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、前記光学系における最も像側の可動群がフォーカシング機能を有する。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、プリズムと光路を折り曲げるための反射面を少なくとも1つ含む。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記第1の光学素子が前記プリズムであり、前記プリズムの1つの平面に前記化学物質を接するように配置し、さらに、前記第2の光学素子をその平面が前記化学物質に対して前記プリズムとは反対側から接するように配置し、前記第2の光学素子のいずれかの光学面を前記光路を折り曲げるための反射面としている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記光学系がズームレンズで構成されている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記ズームレンズの電子撮像装置収納状態における該ズームレンズの最も物体側の面頂から結像位置までの厚さが20mm未満である。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、物体からの光路に沿って、変倍時に可動な全ての群における最も物体側のレンズよりも物体側に、プリズムと光路を折り曲げるための反射面を少なくとも1つ含む。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記プリズムが、物体からの光路に沿って前記光学系における最も物体側に配置されている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記プリズムの前記物体からの光路に沿う最も物体側の面が、凹面である。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記光学系が、正の屈折力を持ち広角端から望遠端に変倍する際に単調に物体側に移動するレンズ群を少なくとも含む。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記レンズ群が、物体側から順に、正レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズとの2群3枚のレンズで構成されている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記レンズ群が、開口絞りよりも像側に配置されている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記開口絞りは光軸方向の位置が変倍時固定であり、前記開口絞りよりも物体側に変倍時に移動する負の屈折力を持つレンズ群を有する。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記負の屈折力を持つレンズ群が、物体側から順に、両凹レンズと、正レンズとで構成されている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記プリズムの屈折率が、 1.68 以上である。

また、本発明の電子撮像装置は、好ましくは、前記光学系の状態と前記電子撮像素子から得られる映像に関連した電気信号と前記媒質の透過率をそれぞれ電気的に制御する手段を備えている。

また、本発明の電子撮像装置は、平面及び屈折力を持つ面、又は、平面及び反射面を有する第1の光学素子と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透過面又は反射面を有し、かつ、平面を有する第2の光学素子とを含み、前記第1の光学素子の平面と前記第2の光学素子の平面とで前記化学物質を挟むように配置された光学成分を含む光学系を有することを特徴としている。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記第1の光学素子は、屈折力を有する面と平面とからなるレンズ、屈折力を有する面のみからなるレンズ、プリズム、あるいは形状可変ミラーである。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、前記第2の光学素子は平行平板、屈折力を有する面と平面とからなるレンズ、あるいは屈折力を有する面のみからなるレンズである。

また、本発明の電子撮像装置では、好ましくは、次の条件式を満足する光学系が用いられている。

$$-0.05 < (R_A - R_C) / (R_A + R_C) < 0.05$$

但し、 R_A は前記化学物質に接する前記第1の光学素子の面の曲率半径、 R_C は化学物質に接する前記第2の光学素子の面の曲率半径である。

本発明によれば、小型で特に奥行き方向が極めて薄く且つ十分広い範囲の光量調節が行える薄型の電子撮像装置を提供することが出来る。

These and other features and advantages of the present invention will become apparent from the following detailed description of the preferred embodiments when taken in conjunction with the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 A, 1 B 及び 1 C は本発明による電子撮像装置の第 1 実施例の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

図 1 D は図 1 A に示した電子撮像装置の第 3 レンズ群の拡大詳細図である。

図 2 A, 2 B 及び 2 C は本発明による電子撮像装置の第 2 実施例の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

図 3 A, 3 B 及び 3 C は本発明による電子撮像装置の第 3 実施例の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

図 4 は本発明による電子撮像装置の第 4 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

図 5 A, 5 B 及び 5 C は図 4 に示す電子撮像装置の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端での状態をそれぞれ示している。

図 6 は本発明による電子撮像装置の第 5 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

図 7 A, 7 B 及び 7 C は図 6 に示す電子撮像装置の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端での状態をそれぞれ示している。

図 8 は本発明による電子撮像装置の第 6 実施例光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

図 9 は本発明による電子撮像装置の第 7 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

図 10 は本発明による電子撮像装置の第 8 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

図 11 A, 11 B 及び 11 C は本発明による電子撮像装置の第 9 実施例の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端, 中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

図 12 は本発明による電子撮像装置の第 10 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

図 13 A, 13 B 及び 13 C は図 12 に示す電子撮像装置の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端, 中間及び望遠端での状態をそれぞれ示している。

図 14 は本発明の各実施例において本発明の化学物質 B として用いられている媒質を用いたエレクトロクロミック素子の分光特性を示すグラフである。

図 15 は、本発明の電子撮像装置を組み込んだデジタルカメラの前側斜視図である。

図 16 は図 15 に示したデジタルカメラの後側斜視図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

前記化学物質 B は、例えばエレクトロクロミック素子中の化学物質である。この化学物質は、それ自体、厚みがほとんどなく、両側からガラス平面板で挟むことによりはじめて光学系に組み込むことができるものである。ところがこのような構成では、ガラス平面板を設けるとその厚み分のスペースが別途とられてしまう。

しかるに、本発明のように、化学物質 B をガラス平面板で挟むのではなく、光学系が有している光学素子の一部にガラス平面板の役割を担わせれば、化学物質 B の両側にガラス平面板を設ける厚み分のスペースが不要となり無駄を省くこと

ができる。

たとえば、光学素子Aとして、平凸レンズあるいは平凹レンズのように、1つの屈折力を有する面と1つの平面をそれぞれ有する光学素子を用いる。一方、光学素子Cとして平行平板を用いる。そして、光学素子Aの平面と光学素子Cの平面との間に化学物質Bを挟むようにすれば、化学物質Bを挟むだけを目的とする2枚の透明平板を使用しないで済む（図1D参照）。

また、化学物質Bを挟む面は平面でなくとも良い。例えば、光学素子Aとして平凸レンズを用い、光学素子Cとして平凹レンズを用いたとする。この場合、光学素子Aの凸面と光学素子Cの凹部を向かい合わせ、この間に化学物質Bを挟むことができる。なお、凸面と凹面の曲率半径が略等しいとより良い。

このような構成では、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$-0.05 < (R_A - R_C) / (R_A + R_C) < 0.05 \quad \dots(1)$$

但し、 R_A は化学物質Bに接する光学素子Aの面の曲率半径、 R_C は化学物質Bに接する光学素子Cの面の曲率半径である。

上記条件式(1)を満足すると、光軸近傍における化学物質Bの厚みと、光軸から離れた位置における化学物質Bの厚みに違いが生じないので、光量ムラを小さく抑えることができる。

なお、本発明のように光学素子Aと光学素子Cとで化学物質を挟む場合には、透明平板で化学物質Bを挟む場合と同様に、光学素子Aと化学物質Bとの間、化学物質Bと光学素子Cとの間に透明電極を設けるとよい。

また、本発明において、光学素子A、化学物質B、光学素子C全体の分光透過率が所定の規定範囲内になるようにすれば、透過率を変化させる場合において色再現性を確保することができる。特に、波長520nmの光が、光学素子A、化学物質B、光学素子C全体を通過したときの透過率を τ_{520} とすると、 $\tau_{min} \leq \tau_{520} \leq \tau_{max}$ 全域で分光透過率が次の条件式(2)、(3)を満足するようにするのが良い。

$$0.70 < \tau_{440} / \tau_{520} < 1.20 \quad \dots(2)$$

$$0.80 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.30 \quad \dots(3)$$

但し、 τ_x （xは数字）は波長xnmの光の透過率である。即ち、 τ_{440} は

波長 440 nm の光の透過率、 τ_{600} は波長 600 nm の光の透過率である。また、 τ_{\min} は、化学物質が最も不透明な状態になっている時の最小透過率、 τ_{\max} は化学物質が最も透明な状態になっている時の最大透過率である。

ここで、 τ_{\min} と τ_{\max} について説明する。化学物質 B として、例えば、エレクトロクロミック素子は、二つの異なる所定の電圧を印加することで、図 14 に示すように、透過率の高い状態と透過率の低い状態になる。ここで、最も透過率が高い状態では、エレクトロクロミック素子は、最も透明な状態になっている。一方、最も透過率が低い状態では、エレクトロクロミック素子は、最も不透明な状態になっている。

よって、 τ_{\min} は、化学物質 B が最も不透明な状態になっている時の最小透過率で、 τ_{\max} は化学物質 B が最も透明な状態になっている時の最大透過率ということになる。

例えば、 $\tau_{\min} \leq \tau_{520} \leq \tau_{\max}$ の場合、 τ_{\min} は化学物質 B が最も不透明な状態になっている時の波長 520 nm における最小透過率となる。また、 τ_{\max} は化学物質 B が最も透明な状態になっている時の波長 520 nm における最大透過率となる。

上記条件式の範囲を満足すれば、カラーバランスを整えることが困難となることがなく、カラーバランスなどの画質調整によるノイズが増大することもないので好ましい。

なお、波長域が 350 nm ～ 700 nm における、 τ_{\min} 及び τ_{\max} の特性の一例を図 14 に示す。図 14 において、上側のグラフ (77.0%, 81.0%, 80.5%) が τ_{\max} の様子で、下のグラフ (16.5%, 18.0%, 18.5%) が τ_{\min} の様子である。

また、次の条件式 (2'), (3') を満足するようにすると、さらに良い。

$$0.75 < \tau_{440} / \tau_{520} < 1.15 \quad \dots (2')$$

$$0.85 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.25 \quad \dots (3')$$

さらに、次の条件式 (2''), (3'') を満足するようにすると、より一層好ましい。

$$0.80 < \tau_{440} / \tau_{520} < 1.10 \quad \dots (2'')$$

$$0.90 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.20 \quad \dots (3'')$$

なお、赤外カットのコーティングが光学素子A又は光学素子Cになされることもあるが、上記条件式(2)、(3)はそれを施す前の透過率についての条件を規定したものである。

光学素子A又は光学素子Cに赤外カットコートを施した場合は条件式(3)の代わりに次の条件式(3a)を満足するようにすると良い。

$$0.60 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.00 \quad \cdots(3a)$$

また、次の条件式(3a')を満足するようにすると、さらに良い。

$$0.65 < \tau_{600} / \tau_{520} < 0.95 \quad \cdots(3a')$$

さらに、次の条件式(3a'')を満足するようにすると、より一層好ましい。

$$0.70 < \tau_{600} / \tau_{520} < 0.90 \quad \cdots(3a'')$$

あるいは、光学素子A又は光学素子Cに赤外吸収材料を使用した場合は条件式(3)の代わりに次の条件式(3b)を満足するようにすると良い。

$$0.40 < \tau_{600} / \tau_{520} < 0.80 \quad \cdots(3b)$$

また、次の条件式(3b')を満足するようにすると、さらに良い。

$$0.45 < \tau_{600} / \tau_{520} < 0.75 \quad \cdots(3b')$$

さらに、次の条件式(3b'')を満足するようにすると、より一層好ましい。

$$0.50 < \tau_{600} / \tau_{520} < 0.70 \quad \cdots(3b'')$$

また、本発明の撮像装置においては、その小型化のために回折の影響を無視できないほどに画素ピッチの小さな電子撮像素子を使用することになる。

一般に、光学系の最も焦点距離が短い状態における開放F値をFとし、電子撮像素子の水平又は垂直方向の画素ピッチをa(μm)とするとき、次の条件式(4)が成り立つと、画質に及ぼす回折の影響が無視できなくなる。

$$F > a \quad (a \leq 3.5 \mu m) \quad \cdots(4)$$

しかるに、上述した本発明のような光量調節方式を用いると、条件式(4)を満足するような場合における画質に及ぼす回折の影響を有効に軽減できる。

また、次の条件式(4')を満足するようにした場合において、さらに有効性を発揮する。

$$F > 1.2 \cdot a \quad (a \leq 3.5) \quad \cdots(4')$$

さらに、次の条件式(4'')を満足するようにした場合において、より一層有効性

を発揮する。

$$F > 1.4 \cdot a \quad (a \leq 3.5) \quad \cdots (4'')$$

次に、光学系について説明する。

前記化学物質 B には前記透明電極を通じて電圧を印加する関係上、光学素子 A、C に結線が必要となるため、変倍やフォーカスの際に極力移動しないことが望ましい。

また、屈折力を有するレンズ群の中で、最も像側にあるレンズ群を固定にするのが、収差補正のしやすさ、光学素子を配置するためのスペースの確保という点で最も効率的である。これは、単焦点レンズ系（変倍機能のない光学系）であっても、ズームレンズ系（変倍機能を有する光学系）であっても同じである。

そこで、本発明においては、単焦点レンズ系やズームレンズ系における最も像側にあるレンズ群を変倍時に固定とし、また、このレンズ群を 1 つのレンズ成分のみで構成する。そして、このレンズ成分を、屈折力を有する光学素子を含んで構成し、屈折力を持つ光学素子のうちの 1 つに光学素子 A の役割を持たせている。なお、最も像側のレンズ群は、レンズ成分あるいはレンズ単体でもよい。また、光学素子 C はレンズ、反射面を有する光学素子、光学的ローパスフィルターなどでもよい。なお、合焦は極力像側のレンズ群で実施するほうがよい。このようにすれば、機構上単純でしかもフォーカスによる性能劣化が少ない。

従って、本発明においては、光学系が可動群を有する場合、可動群のうち最も像側にある可動群にフォーカシング機能を持たせるのが良い。特に、常時固定の最終レンズ群を備える構成では、この最終レンズ群の直前に配置されたレンズ群に、フォーカシング機能を持たせた構成とするのが好ましい。

また、本発明は、電子撮像装置の奥行き方向の厚みを小さくするために光路を折り曲げた構成においても、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質 B を採用している。

具体的には、光学素子 A をプリズムとし、このプリズムの 1 つの平面に化学物質 B を接するように配置する。そして、光学素子 C の平面が化学物質 B に対してプリズムとは反対側から接するように、光学素子 C を配置する。更に、光学素子 C のいずれかの光学面を反射面としている。このようにすれば、プリズム（光学

素子 A) と反射面を少なくとも 1 つ含む光学素子 (光学素子 C) とで、折り曲げ光学系を実現できる。しかも、化学物質 B で光量調整ができる。

なお、この配置だと、光が前記化学物質 B を 2 回通過することになるため、光学系全体の透過率の最大値と最小値との比は概略 2 乗になり、光量調節範囲を大幅に広げることができる。

さらに、現在、小型電子撮像装置用の光学系として主流となっているのはズームレンズであるため、上述した本発明の光量調節方式をズームレンズに適用するとよい。

上述のようにズームレンズにおいては、撮影時に光学系をカメラボディ内からせり出し携帯時に光学系をカメラボディ内に収納するいわゆる沈胴式鏡筒を採用することが 1 つの主流になっている。しかしながら、シャッター、開口絞り、フィルターなどのためのスペース上の制約から沈胴時の厚みを薄くすることが困難な状況にある。

しかるに、ズームレンズにおいても上述した本発明の光量調節方式を用いれば、光学系の電子撮像装置収納時の奥行き (光学系の最も物体側の面頂から結像位置までの厚さ) を 20 mm 未満に収めることが可能となる。

また、ズームレンズにおいても、光路折り曲げ光学系を適用することがもう一つの主流となっている。特に、最も物体側に位置する移動群よりも物体側に、プリズムと光路を折り曲げるための反射面を少なくとも 1 つ含むような構成の光学系が主流となっている。

そこで、このような構成のズームレンズにも、本発明の構成を適用することができる。この場合の構成は前述と同様に、プリズムを光学素子 A とし、プリズムの 1 つの平面に化学物質 B を接するように配置する。そして、光学素子 C の平面が化学物質 B に対してプリズムとは反対側から接するように、光学素子 C を配置する。更に、前記光学素子 C のいずれかの光学面を反射面とする。

また、奥行き方向を薄くするためには、光路を折り曲げるポイントを光学系の入射面に極力近くする必要がある。このため、本発明においては、プリズムは物体からの光路に沿って、光学系における最も物体側に配置するのがよい。その場合、入射瞳位置を浅くしてプリズムを極力小型化するために、プリズムの物体か

らの光路に沿う最も物体側の面（入射面）を凹面とするのがよい。

なお、ズームレンズの場合は、正の屈折力を持ち広角端から望遠端に変倍する際に単調に物体側に移動するレンズ群 B を少なくとも含むのがよい。このように構成することで、入射瞳位置を浅くしてプリズムを小型化することができる。その場合、レンズ群 B は、物体側から順に、正レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズとの 2 群 3 枚にて構成するのが良い。このようにすれば、レンズ群 B の移動による変倍効率を良くし、また、製造誤差の影響を受けにくくすることができる。また、レンズ群 B は、開口絞りよりも像側に配置すると、入射瞳を浅くするという観点でなお良い。

さらに、開口絞りを、光軸方向の位置が変倍時固定となるようにするのが良い。このようにすると、変倍時に絞りの他に露出用シャッターなどの機構が移動する必要がなく小型化に有利である。なお、絞りの位置を固定すると、レンズ群 B における移動可能な変倍領域が狭まることになる。この場合は、前記開口絞りよりも物体側に、変倍時に移動する負の屈折力を持つレンズ群を配置すれば、必要な変倍域を確保することができる。この場合、負の屈折力を持つレンズ群は、物体側から順に、両凹レンズと正レンズの 2 枚のみというように極力少ない枚数で構成するのがよい。このように構成することで、移動するレンズのスペースを確保することができる。

その他、本発明においては、光路折り曲げ光学系における前記プリズムの屈折率は、1.68 以上（1.75 以上であればより良く、1.80 以上であれば最良）と極力高い方がよい。

また、本発明においては、前記光学系の状態と電子撮像素子から得られる映像に関連した電気信号と前記媒質の透過率とを、それぞれ電氣的に制御する手段を備えた電子撮像装置とするのがよい。

以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。

第 1 実施例

図 1 A、1 B 及び 1 C は、本発明による電子撮像装置の第 1 実施例の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

第1実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含む光学系を有している。図1中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は3：4である。

第1実施例の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3とを有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₂とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₂との接合レンズと、両凸正レンズL2₃とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側から順に、本発明の光学素子Aとしての物体側が凸面で像側が平面の平凸正レンズL3₁と、本発明の光学素子Cとしての両面が平面の透明なガラス板L3₂を有している。そして、平凸正レンズL3₁の平面とガラス板L3₂の対向面との間に本発明の化学物質Bとしての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を挟んで、全体で1つのレンズ成分として構成されている。また、平凸正レンズL3₁と前記媒質との間、前記媒質とガラス板L3₂との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、絞りS及び第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は位置が固定されるようになっている。また、合焦動作時には、第3レンズ群G3が光軸上を移動するようになっている。

その他、本実施例の電子撮像装置は、前記光学系の状態と電子撮像素子から得られる映像に関連した電気信号と前記媒質の透過率とを、それぞれ電氣的に制御する制御手段を備えている。これは、各実施例においても同じである。

次に、第1実施例の電子撮像装置を構成する光学部材の数値データを示す。

第1実施例の数値データにおいて、 r_1 、 r_2 、…は各光学部材の面の曲率半径、 d_1 、 d_2 、…は各光学部材の肉厚または空気間隔、 n_{d1} 、 n_{d2} 、…は各光学部材のd線での屈折率、 ν_{d1} 、 ν_{d2} 、…は各光学部材のアッペ数、Fno. はFナンバー、fは全系焦点距離、D0は物体から第1面までの距離を表している。なお、 r 、 d 、 f 、 $D0$ の単位はmmである。

なお、非球面形状は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとり、円錐係数を K 、非球面係数を A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} としたとき、次の式で表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y / r)^2\}^{1/2}] \\ + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

なお、これらの記号は後述の実施例の数値データにおいても共通である。

数値データ 1

$$r_1 = 105.4577$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.74320$$

$$\nu_{d1} = 49.34$$

$$r_2 = 3.9727 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 2.0000$$

$$r_3 = 7.8813$$

$$d_3 = 1.8000$$

$$n_{d3} = 1.84666$$

$$\nu_{d3} = 23.78$$

$$r_4 = 15.2512$$

$$d_4 = D4$$

$$r_5 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_5 = -0.2989$$

$$r_6 = 4.1711 \text{ (非球面)}$$

$$d_6 = 2.4000$$

$$n_{d6} = 1.74320$$

$$\nu_{d6} = 49.34$$

$$r_7 = 14.0000$$

$$d_7 = 0.5000$$

$$n_{d7} = 1.84666$$

$$\nu_{d7} = 23.78$$

$$r_8 = 4.0392$$

$$d_8 = 0.4000$$

$$r_9 = 17.9917$$

$$\begin{aligned}
d_9 &= 1.3000 & n_{d9} &= 1.69680 & \nu_{d9} &= 55.53 \\
r_{10} &= -9.0360 \\
d_{10} &= D10 \\
r_{11} &= 10.0255 \\
d_{11} &= 1.4000 & n_{d11} &= 1.48749 & \nu_{d11} &= 70.23 \\
r_{12} &= \infty \\
d_{12} &= 0.6000 & n_{d12} &= 1.48749 & \nu_{d12} &= 70.23 \\
r_{13} &= \infty \\
d_{13} &= D13 \\
r_{14} &= \infty \\
d_{14} &= 0.6000 & n_{d14} &= 1.51633 & \nu_{d14} &= 64.14 \\
r_{15} &= \infty \\
d_{15} &= D15 \\
r_{16} &= \infty \text{ (撮像面)}
\end{aligned}$$

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.8236 \times 10^{-3} \quad A_6 = 2.4632 \times 10^{-5} \quad A_8 = -1.0007 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第6面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.0581 \times 10^{-3} \quad A_6 = -2.1424 \times 10^{-5} \quad A_8 = -2.7764 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.53930	8.69240	12.90055
Fno.	2.5426	3.5056	4.4907
D0	∞	∞	∞

D 4	10.23627	3.79486	1.50000
D 1 0	5.18649	10.56797	16.02634
D 1 3	1.80000	1.80000	1.80000
D 1 5	1.35264	1.35528	1.35529

第2実施例

図2A、2B及び2Cは本発明による電子撮像装置の第2実施例にかかる無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

第2実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含む光学系を有している。図2中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は3：4である。

第2実施例の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とを有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凹負レンズL1₁'と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₂とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸正レンズL2₁'と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₂とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3₁'で構成されている。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、本発明の光学素子Aとしての物体側が凸面で像側が平面の平凸正レンズL4₁と、本発明の光学素子Cとしての両面が平面の透明なガラス板L4₂と、ローパスフィルタLFを有している。そして、平凸正レンズL4₁の平面とガラス板L4₂の対向面との間に本発明の化学物質Bとしての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を挟み、ガラス板L4₂とローパスフィルタLFとを接合して、全体で1つのレンズ成分として構成されている。

また、平凸正レンズL4₁と前記媒質との間、前記媒質とガラス板L4₂と

の間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、絞りS及び第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群との間隔が一旦広がった後にやや狭まるようにして物体側へ移動するようになっている。第4レンズ群G4は位置が常時固定されている。また、合焦動作時には、第3レンズ群G3が光軸上を移動するようになっている。

次に、第2実施例の電子撮像装置を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ2

$$r_1 = -150.1310$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.74320$$

$$\nu_{d1} = 49.34$$

$$r_2 = 4.9004 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 2.4176$$

$$r_3 = 10.7774$$

$$d_3 = 2.0000$$

$$n_{d3} = 1.84666$$

$$\nu_{d3} = 23.78$$

$$r_4 = 26.6528$$

$$d_4 = D4$$

$$r_5 = \infty$$

$$d_5 = 0.8000$$

$$r_6 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_6 = -0.1000$$

$$r_7 = 4.6720 \text{ (非球面)}$$

$$d_7 = 2.2000$$

$$n_{d7} = 1.74320$$

$$\nu_{d7} = 49.34$$

$$r_8 = -31.5317$$

$$d_8 = 0.2000$$

$$r_9 = 11.5148$$

$$d_9 = 0.7000$$

$$n_{d9} = 1.84666$$

$$\nu_{d9} = 23.78$$

$$r_{10} = 3.5872$$

$$d_{10} = D10$$

$$r_{11}=12.2101$$

$$d_{11}=1.2000$$

$$n_{d11}=1.69680$$

$$\nu_{d11}=55.53$$

$$r_{12}=60.4963$$

$$d_{12}=D12$$

$$r_{13}=14.2283 \text{ (非球面)}$$

$$d_{13}=1.3000$$

$$n_{d13}=1.74320$$

$$\nu_{d13}=49.34$$

$$r_{14}=\infty$$

$$d_{14}=0.6000$$

$$n_{d14}=1.74320$$

$$\nu_{d14}=49.34$$

$$r_{15}=\infty$$

$$d_{15}=0.1000$$

$$n_{d15}=1.51633$$

$$\nu_{d15}=64.14$$

$$r_{16}=\infty$$

$$d_{16}=D16$$

$$r_{17}=\infty$$

$$d_{17}=0.7500$$

$$n_{d17}=1.51633$$

$$\nu_{d17}=64.14$$

$$r_{18}=\infty$$

$$d_{18}=D18$$

$$r_{19}=\infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{19}=0$$

非球面係数

第2面

$$K=0$$

$$A_4=-1.0701 \times 10^{-3}$$

$$A_6=5.8959 \times 10^{-6}$$

$$A_8=-2.3038 \times 10^{-6} A$$

$$A_{10}=0$$

第7面

$$K=0$$

$$A_4=-1.0831 \times 10^{-3}$$

$$A_6=-2.1195 \times 10^{-5}$$

$$A_8=-2.0599 \times 10^{-6}$$

$$A_{10}=0$$

第13面

$$K=0$$

$$A_4 = 6.5428 \times 10^{-7} \quad A_6 = -4.8351 \times 10^{-5} \quad A_8 = 2.5499 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ

D 0（物体から第 1 面までの距離）が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.50687	8.69376	12.89387
F n o .	2.6413	3.6209	4.5432
D 0	∞	∞	∞
D 4	13.30618	4.75184	1.50000
D 1 0	1.50000	3.08274	2.70000
D 1 2	4.74901	9.41971	14.70741
D 1 6	1.30000	1.30000	1.30000
D 1 8	1.27824	1.26808	1.27439

第 3 実施例

図 3 A、3 B 及び 3 C は本発明による電子撮像装置の第 3 実施例の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態を示している。

第 3 実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含む光学系を有している。図 3 中、I は電子撮像素子である C C D の撮像面、C G はカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は 3 : 4 である。

第 3 実施例の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 とを有している。

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁ と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1₂ とで構成されている。

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2₁ と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2₂ との接合レンズと、両凸正レンズ L 2₃ とで構成されている。

第3レンズ群G3は、両凹負レンズL3₁”で構成されている。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、本発明の光学素子Cとしての両面が平面の透明なガラス板L4₁’と、本発明の光学素子Aとしての物体側が平面で像側が凸面の平凸正レンズL4₂’とを有している。そして、平凸正レンズL4₂’の平面とガラス板L4₁’の対向面との間に本発明の化学物質Bとしての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を挟んで、全体で1つのレンズ成分として構成されている。

また、前記媒質とガラス板L4₁’との間、平凸正レンズL4₂’と前記媒質との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は像側へ移動し、絞りS及び第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2との間隔が一旦狭まった後にやや広がるようにして物体側へ移動するようになっている。第4レンズ群G3は位置が常時固定されている。また、合焦動作時には、第3レンズ群G3が光軸上を移動するようになっている。

次に、第3実施例の光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ3

$$r_1 = 59.5785$$

$$d_1 = 0.8000$$

$$n_{d1} = 1.74320$$

$$\nu_{d1} = 49.34$$

$$r_2 = 5.2020 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.7628$$

$$r_3 = 7.4090$$

$$d_3 = 1.8000$$

$$n_{d3} = 1.80518$$

$$\nu_{d3} = 25.42$$

$$r_4 = 12.1145$$

$$d_4 = D_4$$

$$r_5 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_5 = -0.2000$$

$$r_6 = 3.8043 \text{ (非球面)}$$

$d_6 = 2.0000$	$n_{d6} = 1.80610$	$\nu_{d6} = 40.92$
$r_7 = 14.5000$		
$d_7 = 0.6000$	$n_{d7} = 1.84666$	$\nu_{d7} = 23.78$
$r_8 = 3.3540$		
$d_8 = 0.3500$		
$r_9 = 12.6410$		
$d_9 = 1.3000$	$n_{d9} = 1.77250$	$\nu_{d9} = 49.60$
$r_{10} = -8.3014$		
$d_{10} = 0.8126$		
$r_{11} = \infty$		
$d_{11} = D11$		
$r_{12} = -31.5077$		
$d_{12} = 0.6000$	$n_{d12} = 1.80100$	$\nu_{d12} = 34.97$
$r_{13} = 24.0651$		
$d_{13} = D13$		
$r_{14} = \infty$		
$d_{14} = 0.6000$	$n_{d14} = 1.74320$	$\nu_{d14} = 49.34$
$r_{15} = \infty$		
$d_{15} = 1.6000$	$n_{d15} = 1.74320$	$\nu_{d15} = 49.34$
$r_{16} = -8.8748$ (非球面)		
$d_{16} = D16$		
$r_{17} = \infty$		
$d_{17} = 0.7000$	$n_{d17} = 1.51633$	$\nu_{d17} = 64.14$
$r_{18} = \infty$		
$d_{18} = D18$		
$r_{19} = \infty$ (撮像面)		
$d_{19} = 0$		

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$A_4 = -4.1214 \times 10^{-4} \quad A_6 = 5.9789 \times 10^{-6} \quad A_8 = -1.4243 \times 10^{-6} A$$

$$A_{10} = 0$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.1522 \times 10^{-3} \quad A_6 = -5.4640 \times 10^{-5} \quad A_8 = -1.6607 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第 16 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 7.3474 \times 10^{-4} \quad A_6 = 1.3929 \times 10^{-5} \quad A_8 = -2.0651 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.53596	8.69926	12.88691
F n o .	2.6768	3.7425	4.5083
D 0	∞	∞	∞
D 4	13.46349	5.72601	1.50000
D 11	1.72541	0.60000	1.78838
D 13	1.20000	6.55121	7.63629
D 16	0.70000	0.70000	0.70000
D 18	1.20758	1.18734	1.20631

第 4 実施例

図 4 は本発明による電子撮像装置の第 4 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 5 A, 5 B 及び 5 C は図 4 に示す電子撮像装置の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端, 中間及び望遠端での状態をそれぞれ示している。

第 4 実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含

む光学系を有している。図4及び図5中、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は3：4である。

第4実施例の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、第2レンズ群G2と、開口絞りSと、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4と、第5レンズ群G5とを有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、光路を折り曲げるための反射光学素子R1と、両凸正レンズL1₁”とで構成されている。

反射光学素子R1は、入射面R1₁と、光路を折り曲げるための反射面R1₂と、射出面R1₃とを有し光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されている。入射面R1₁は、凹面に形成されている。折り曲げ方向は横方向である。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹負レンズL2₁”と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₂”とで構成されており、全体で負の屈折力を持っている。

第3レンズ群G3は、上述した本発明のレンズ群Bとして、物体側から順に、両凸正レンズL3₁”’と、両凸正レンズL3₂’と両凹負レンズL3₃との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を持っている。

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ4₁”で構成されている。

第5レンズ群G5は、物体側から順に、本発明の光学素子Aとしての物体側が凸面で像側が平面の平凸正レンズL5₁と、本発明の光学素子Cとしての両面が平面の透明なガラス板L5₂とを有している。そして、平凸正レンズL5₁の平面とガラス板L5₂の対向面との間に本発明の化学物質Bとしての電氣量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を挟んで、全体で1つのレンズ成分として構成されている。また、平凸正レンズL5₁と前記媒質との間、前記媒質とガラス板L5₂との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は位置が固定され、第2レンズ群G2は像側へ移動し、絞りSは位置が固定され、第3レンズ群G3は物体側へ単調に移動し、第4レンズ群G4は位置が固定されている。第5レンズ群G5は位置が常時固定されている。

また、合焦動作時には、第4レンズ群G4が光軸上を移動するようになっている。

次に、第4実施例の光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ 4

$$r_1 = -9.4859 \text{ (非球面)}$$

$$d_1 = 8.2000 \quad n_{d1} = 1.80518 \quad \nu_{d1} = 25.42$$

$$r_2 = \infty$$

$$d_2 = 0.1500$$

$$r_3 = 9.6065 \text{ (非球面)}$$

$$d_3 = 2.3000 \quad n_{d3} = 1.78800 \quad \nu_{d3} = 47.37$$

$$r_4 = -36.4986$$

$$d_4 = D_4$$

$$r_5 = -12.3968 \text{ (非球面)}$$

$$d_5 = 0.8000 \quad n_{d5} = 1.74320 \quad \nu_{d5} = 49.34$$

$$r_6 = 5.0858 \text{ (非球面)}$$

$$d_6 = 0.6000$$

$$r_7 = 7.3484$$

$$d_7 = 1.5000 \quad n_{d7} = 1.84666 \quad \nu_{d7} = 23.78$$

$$r_8 = 29.6119$$

$$d_8 = D_8$$

$$r_9 = \infty \text{ (絞り)}$$

$$d_9 = D_9$$

$$r_{10} = 10.5086 \text{ (非球面)}$$

$$d_{10} = 5.8760 \quad n_{d10} = 1.69350 \quad \nu_{d10} = 53.21$$

$$r_{11} = -7.0163 \text{ (非球面)}$$

$$\begin{aligned}
d_{11} &= 0.1500 \\
r_{12} &= 8.6746 \\
d_{12} &= 2.4979 & n_{d12} &= 1.51742 & \nu_{d12} &= 52.43 \\
r_{13} &= -12.1398 \\
d_{13} &= 0.7000 \\
r_{14} &= 4.2315 \\
d_{14} &= D14 \\
r_{15} &= 6.0862 \\
d_{15} &= 1.8000 & n_{d15} &= 1.48749 & \nu_{d15} &= 70.23 \\
r_{16} &= 9.5635 \\
d_{16} &= D16 \\
r_{17} &= 12.1887 \text{ (非球面)} \\
d_{17} &= 1.6000 & n_{d17} &= 1.80100 & \nu_{d17} &= 34.97 \\
r_{18} &= \infty \\
d_{18} &= 0.6000 & n_{d18} &= 1.80100 & \nu_{d18} &= 34.97 \\
r_{19} &= \infty \\
d_{19} &= 0.7000 \\
r_{20} &= \infty \\
d_{20} &= 0.6000 & n_{d20} &= 1.51633 & \nu_{d20} &= 64.14 \\
r_{21} &= \infty \\
d_{21} &= D21 \\
r_{22} &= \infty \text{ (撮像面)} \\
d_{22} &= 0
\end{aligned}$$

非球面係数

第1面

$$K = 0$$

$$A_4 = 9.5404 \times 10^{-4} \quad A_6 = -1.2031 \times 10^{-5} \quad A_8 = 1.1895 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第3面

$$K = 0$$

$$A_4 = -5.2340 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.2356 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = 2.2489 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第 5 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.7469 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = 1.3456 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -5.7822 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -1.9294 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.9498 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -1.2402 \times 10^{-5}$$

$$A_{10} = 0$$

第 10 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -8.4900 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.8004 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -2.1920 \times 10^{-6}$$

$$A_{10} = 0$$

第 11 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 2.4762 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -1.7028 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = -1.8814 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第 17 面

$$K = 0$$

$$A_4 = 1.6647 \times 10^{-4}$$

$$A_6 = -6.3255 \times 10^{-6}$$

$$A_8 = -7.4085 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.60560	7.80020	13.19911
F n o .	2.8592	3.5822	4.5098
D 0	∞	∞	∞

D 4	0. 99795	3. 90838	6. 57349
D 8	6. 47497	3. 55712	0. 89929
D 9	5. 54237	3. 30342	0. 99746
D 1 4	1. 37919	3. 63268	5. 92102
D 1 6	1. 19597	1. 19822	1. 19922
D 2 1	0. 89956	0. 88402	0. 89933

第 5 実施例

図 6 は本発明による電子撮像装置の第 5 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 7 A, 7 B 及び 7 C は図 6 に示す電子撮像装置の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端, 中間及び望遠端での状態をそれぞれ示している。

第 5 実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含む光学系を有している。図 6 及び図 7 中、I は電子撮像素子である CCD の撮像面、C G はカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は 3 : 4 である。

第 5 実施例の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 とを有している。

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁ と、光路を折り曲げるための反射光学素子 R 1 と、両凹負レンズ L 1₂' と、両凸正レンズ L 1₃ とで構成されている。

反射光学素子 R 1 は、入射面 R 1₁ と、光路を折り曲げるための反射面 R 1₂ と、射出面 R 1₃ とを有し光路を 90° 折り曲げる反射プリズムとして構成されている。折り曲げ方向は横方向である。

第 2 レンズ群 G 2 は、上述した本発明のレンズ群 B として、物体側から順に、両凸正レンズ L 2₁' と、両凸正レンズ L 2₂'' と両凹負レンズ L 2₃' との接合レンズとで構成されており、全体で正の屈折力を持っている。

第 3 レンズ群 G 3 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3₁' で

構成されている。

第4レンズ群G4は、物体側から順に、本発明の光学素子Aとしての物体側が凸面で像側が平面の平凸正レンズL4₁と本発明の光学素子Cとしての両面が平面の透明なガラス板L4₂とを有している。そして、平凸正レンズL4₁の平面とガラス板L4₂の対向面との間に本発明の化学物質Bとしての電氣量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を挟んで、全体で1つのレンズ成分として構成されている。また、平凸正レンズL4₁と前記媒質との間、前記媒質とガラス板L4₂の間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は位置が固定され、絞りS及び第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は第2レンズ群G2との間隔が一旦広がった後にやや狭まるようにして物体側へ移動するようになっている。第4レンズ群G4は位置が常時固定されている。また、合焦動作時には、第3レンズ群G3が光軸上を移動するようになっている。

次に、第5実施例の光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ5

$$r_1 = 16.0621$$

$$d_1 = 1.2000$$

$$n_{d1} = 1.80610$$

$$\nu_{d1} = 40.92$$

$$r_2 = 8.3645$$

$$d_2 = 2.9000$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 12.5000$$

$$n_{d3} = 1.78590$$

$$\nu_{d3} = 44.20$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0.4100$$

$$r_5 = -31.2818$$

$$d_5 = 1.0000$$

$$n_{d5} = 1.80610$$

$$\nu_{d5} = 40.92$$

$$r_6 = 8.7365 \text{ (非球面)}$$

$d_6 = 1.0000$		
$r_7 = 14.3899$		
$d_7 = 1.8200$	$n_{d7} = 1.71736$	$\nu_{d7} = 29.52$
$r_8 = -24.1035$		
$d_8 = D8$		
$r_9 = \infty$ (絞り)		
$d_9 = 1.0000$		
$r_{10} = 8.7325$ (非球面)		
$d_{10} = 2.3000$	$n_{d10} = 1.80610$	$\nu_{d10} = 40.92$
$r_{11} = -33.2830$		
$d_{11} = 0.1500$		
$r_{12} = 15.6487$		
$d_{12} = 2.7000$	$n_{d12} = 1.69350$	$\nu_{d12} = 53.21$
$r_{13} = -15.0000$		
$d_{13} = 0.8000$	$n_{d13} = 1.80518$	$\nu_{d13} = 25.42$
$r_{14} = 5.4464$		
$d_{14} = D14$		
$r_{15} = 16.0980$		
$d_{15} = 1.6000$	$n_{d15} = 1.48749$	$\nu_{d15} = 70.23$
$r_{16} = 189.4865$		
$d_{16} = D16$		
$r_{17} = 18.7236$ (非球面)		
$d_{17} = 1.5000$	$n_{d17} = 1.69350$	$\nu_{d17} = 53.21$
$r_{18} = \infty$		
$d_{18} = 0.6000$	$n_{d18} = 1.69350$	$\nu_{d18} = 53.21$
$r_{19} = \infty$		
$d_{19} = 0.8000$		
$r_{20} = \infty$		
$d_{20} = 0.6000$	$n_{d20} = 1.51633$	$\nu_{d20} = 64.14$

$$r_{21} = \infty$$

$$d_{21} = D_{21}$$

$$r_{22} = \infty \text{ (撮像面)}$$

$$d_{22} = 0$$

非球面係数

第 6 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -3.6707 \times 10^{-4} \quad A_6 = 3.8769 \times 10^{-6} \quad A_8 = -1.3374 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

第 10 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.3323 \times 10^{-4} \quad A_6 = -8.7577 \times 10^{-7} \quad A_8 = -3.8688 \times 10^{-8}$$

$$A_{10} = 0$$

第 17 面

$$K = 0$$

$$A_4 = -2.4780 \times 10^{-4} \quad A_6 = 1.1220 \times 10^{-5} \quad A_8 = -3.8744 \times 10^{-7}$$

$$A_{10} = 0$$

【 0 0 5 1 】

ズームデータ

D0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	6.00205	9.32999	14.49987
Fno.	2.8339	3.6263	4.5287
D0	∞	∞	∞
D8	14.54324	7.74846	1.50004
D14	1.99997	7.53021	5.90077
D16	5.56252	6.84013	14.70483
D21	2.64284	2.62311	2.64285

第 6 実施例

図 8 は本発明による電子撮像装置の第 6 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

第 6 実施例の電子撮像装置は、図 4 及び図 5 に示した第 4 実施例の変形例であり、第 5 レンズ群 G 5 の代わりに第 1 群中の反射光学素子 R 1 が本発明における上述の光学成分として構成されている。

反射光学素子 R 1 は、プリズム P が本発明の光学素子 A をなし、プリズム P における平面に形成された第 2 面 R 1₂ に本発明の化学物質 B としての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図 1 4 に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を接するように設け、さらに該媒質に対して反射膜をコーティングして或いは反射膜を備えた平面状部材を接するように設けて、全体で 1 つのレンズ成分として構成されている。そして、プリズム P の第 2 面 R 1₂ と前記媒質との間、前記媒質と反射膜との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

また、第 5 レンズ群 G 5 は、平凸正レンズ L 5₁ のみで構成されている。

なお、上記反射膜を備えた平面状部材として、両面が平面の透明部材を用いて、そのいずれかの平面に反射コーティングを施すようにしてもよい。

その他の構成は第 4 実施例の電子撮像装置とほぼ同様である。

第 7 実施例

図 9 は本発明による電子撮像装置の第 7 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

第 7 実施例の電子撮像装置は、図 6 及び図 7 に示した第 5 実施例の変形例であり、第 4 レンズ群 G 4 の代わりに第 1 レンズ群 G 1 中の反射光学素子 R 1 が本発明における上述の光学成分として構成されている。

反射光学素子 R 1 は、プリズム P が本発明の光学素子 A をなし、プリズム P における平面に形成された第 2 面 R 1₂ に本発明の化学物質 B としての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図 1 4 に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を接するように設け、さらに該媒質に対して反射膜をコーティングして

或いは反射膜を備えた平面状部材を接するように設けて、全体で1つのレンズ成分として構成されている。そして、プリズムPの第2面R1₂と前記媒質との間、前記媒質と反射膜との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

また、第4レンズ群G4は、平凸正レンズL4₁のみで構成されている。

なお、上記反射膜を備えた平面状部材として、両面が平面の透明部材を用いて、そのいずれかの平面に反射コーティングを施すようにしてもよい。

その他の構成は第5実施例の電子撮像装置とほぼ同様である。

第8実施例

図10は本発明による電子撮像装置の第8実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。

第8実施例の電子撮像装置は、図6及び図7に示した第5実施例のさらに他の変形例であり、第4レンズ群G4の代わりに第1レンズ群G1中の反射光学素子R1が本発明における上述の光学成分として構成されている。

反射光学素子R1は、入射面R1₁と、光路を折り曲げるための反射面R1₂と、射出面R1₃とを有し光路を90°折り曲げる反射プリズムとして構成されたプリズムPが、本発明の光学素子Aをなし、プリズムPにおける平面に形成された射出面R1₃に本発明の化学物質Bとしての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を接するように設け、さらに該媒質に対して平面状の透明な光学部材を接するように設けて、全体で1つのレンズ成分として構成されている。そして、プリズムの射出R1₃と前記媒質との間、前記媒質と平面状の透明な光学部材との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

また、第4レンズ群G4は、平凸正レンズL4₁のみで構成されている。

その他の構成は第5実施例の電子撮像装置とほぼ同様である。

第9実施例

図11A、11B及び11Cは本発明による電子撮像装置の第9実施例の無

無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端、中間及び望遠端における状態をそれぞれ示している。

第9実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含む光学系を有している。図11中、IFはIRカットフィルタ、LFはローパスフィルタ、Iは電子撮像素子であるCCDの撮像面、CGはカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は3：4である。

第9実施例の光学系は、物体側から順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSと、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3とを有している。

第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1₁と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1₂とで構成されている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、本発明の光学素子Aとして物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₁と、本発明の光学素子Cとしての物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₂と、両凸正レンズL2₃とを有している。そして、正メニスカスレンズL2₁と負メニスカスレンズL2₂は、正メニスカスレンズL2₁の像側面と負メニスカスレンズL2₂の物体面との間に本発明の化学物質Bとしての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図14に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を挟んで構成されている。

また、正メニスカスレンズL2₁と前記媒質との間、前記媒質と負メニスカスレンズL2₂との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

第3レンズ群G3は、両凸正レンズL3₁、”’で構成されている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、絞りS及び第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦像側へ移動した後に物体側へわずかに物体側へ移動するようになっている。また、合焦動作時には、第3レンズ群G3が光軸上を移動するようになっている。

次に、第9実施例の電子撮像装置を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ9

$r_1 = 68.7182$			
$d_1 = 0.7000$	$n_{d1} = 1.74320$	$\nu_{d1} = 49.34$	
$r_2 = 4.9226$ (非球面)			
$d_2 = 2.0000$			
$r_3 = 7.6018$			
$d_3 = 1.8000$	$n_{d3} = 1.84666$	$\nu_{d3} = 23.78$	
$r_4 = 12.5682$			
$d_4 = D4$			
$r_5 = \infty$ (絞り)			
$d_5 = 1.2000$			
$r_6 = 3.8539$ (非球面)			
$d_6 = 2.0000$	$n_{d6} = 1.80610$	$\nu_{d6} = 40.92$	
$r_7 = 11.4000$			
$d_7 = 0.0500$	$n_{d7} = 1.50000$	$\nu_{d7} = 55.00$	
$r_8 = 11.9255$			
$d_8 = 0.7000$	$n_{d8} = 1.84666$	$\nu_{d8} = 23.78$	
$r_9 = 3.1027$			
$d_9 = 0.4000$			
$r_{10} = 8.7087$			
$d_{10} = 1.3000$	$n_{d10} = 1.69350$	$\nu_{d10} = 53.21$	
$r_{11} = -19.8010$ (非球面)			
$d_{11} = D11$			
$r_{12} = 56.2848$			
$d_{12} = 1.8000$	$n_{d12} = 1.48749$	$\nu_{d12} = 70.23$	
$r_{13} = -10.1230$			
$d_{13} = D13$			
$r_{14} = \infty$			
$d_{14} = 0.8000$	$n_{d14} = 1.51633$	$\nu_{d14} = 64.14$	
$r_{15} = \infty$			

$$\begin{aligned}
d_{15} &= 1.5000 & n_{d15} &= 1.54771 & \nu_{d15} &= 62.84 \\
r_{16} &= \infty \\
d_{16} &= 0.8000 \\
r_{17} &= \infty \\
d_{17} &= 0.7500 & n_{d17} &= 1.51633 & \nu_{d17} &= 64.14 \\
r_{18} &= \infty \\
d_{18} &= D18 \\
r_{19} &= \infty \text{ (撮像面)} \\
d_{19} &= 0
\end{aligned}$$

非球面係数

第2面

$$K = 0$$

$$\begin{aligned}
A_4 &= -7.4624 \times 10^{-4} & A_6 &= 1.8315 \times 10^{-5} & A_8 &= -2.6433 \times 10^{-6} \\
A_{10} &= 0
\end{aligned}$$

第6面

$$K = 0$$

$$\begin{aligned}
A_4 &= -6.2153 \times 10^{-4} & A_6 &= -5.8247 \times 10^{-5} & A_8 &= -3.0307 \times 10^{-6} \\
A_{10} &= 0
\end{aligned}$$

第11面

$$K = 0$$

$$\begin{aligned}
A_4 &= 3.1174 \times 10^{-4} & A_6 &= -1.9816 \times 10^{-4} & A_8 &= -2.9586 \times 10^{-6} \\
A_{10} &= 0
\end{aligned}$$

ズームデータ

D0 (物体から第1面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	4.55602	8.74739	12.96880
Fno.	2.6761	3.6342	4.5240
D0	∞	∞	∞
D4	13.12518	4.78440	1.50000

D 1 1	2. 53628	8. 21322	13. 04478
D 1 3	1. 40000	0. 89438	1. 00537
D 1 8	1. 20493	1. 24272	1. 29631

第 1 0 実施例

図 1 2 は本発明による電子撮像装置の第 1 0 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端無限遠物点合焦時の折り曲げ時における状態を示している。図 1 3 A, 1 3 B 及び 1 3 C は図 1 2 に示す電子撮像装置の無限遠物点合焦時の光学構成を示す光軸に沿う断面図であり、広角端, 中間及び望遠端での状態をそれぞれ示している。

第 1 0 実施例の電子撮像装置は、物体側から順に、本発明による光学成分を含む光学系を有している。図 1 2 及び図 1 3 中、I は電子撮像素子である CCD の撮像面、CG はカバーガラスである。なお、有効撮像領域の縦横比は 3 : 4 である。

第 1 0 実施例の光学系は、物体側から順に、第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、第 2 レンズ群 G 2 と、第 3 レンズ群 G 3 と、第 4 レンズ群 G 4 とを有している。

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1₁ と、光路を折り曲げるための反射光学素子 R 1' と、両凹負レンズ L 1₂' と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 1₃' との接合レンズとで構成されている。

反射光学素子 R 1' は、反射面 R 1₁' を有し光路を 90° 折り曲げる形状可変ミラーとして構成されている。折り曲げ方向は横方向である。そして、反射光学素子 R 1' は本発明の光学素子 A をなし、反射面 R 1₁' に本発明の化学物質 B としての電気量に応じた化学変化により光の透過率が可変である媒質（例えば、図 1 4 に示す分光特性を持つエレクトロクロミック素子中において用いられている化学物質）を接するように設け、さらに該媒質に対して薄い透明保護膜層をコーティングして、全体で 1 つのレンズ成分として構成されている。そして、形状可変ミラーの反射面 R 1₁' と前記媒質との間、前記媒質と前記薄い透明保護膜層との間にはそれぞれ透明電極（図示省略）が設けられている。

第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2₁と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2₂との接合レンズと、両凸正レンズL2₃とで構成されている。

第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3₁””で構成されている。

第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ4₁”と両凸正レンズL4₂”との接合レンズで構成されている。

無限遠物点合焦時において広角端から望遠端へと変倍する際には、第1レンズ群G1は位置が固定され、絞りS及び第2レンズ群G2は物体側へ移動し、第3レンズ群G3は一旦像側へ移動した後に物体側へ移動し、第4レンズ群G4は位置が固定されている。また、合焦動作時には、第3レンズ群G3が光軸上を移動するようになっている。

次に、第10実施例の電子撮像装置を構成する光学部材の数値データを示す。

数値データ10

$$r_1 = 15.5466$$

$$d_1 = 0.7000$$

$$n_{d1} = 1.77250$$

$$\nu_{d1} = 49.60$$

$$r_2 = 4.8517 \text{ (非球面)}$$

$$d_2 = 1.7000$$

$$r_3 = \infty$$

$$d_3 = 6.8000$$

$$r_4 = \infty$$

$$d_4 = 0.1500$$

$$r_5 = -27.3963$$

$$d_5 = 0.7000$$

$$n_{d5} = 1.74320$$

$$\nu_{d5} = 49.34$$

$$r_6 = 4.8487$$

$$d_6 = 1.2500$$

$$n_{d6} = 1.80100$$

$$\nu_{d6} = 34.97$$

$$r_7 = 45.1811$$

$$\begin{aligned}
d_7 &= D_7 \\
r_8 &= \infty \text{ (絞り)} \\
d_8 &= 0 \\
r_9 &= 4.4863 \text{ (非球面)} \\
d_9 &= 1.8000 & n_{d9} &= 1.74320 & \nu_{d9} &= 49.34 \\
r_{10} &= 11.0000 \\
d_{10} &= 0.7000 & n_{d10} &= 1.84666 & \nu_{d10} &= 27.38 \\
r_{11} &= 4.2567 \\
d_{11} &= 0.5000 \\
r_{12} &= 10.7453 \\
d_{12} &= 1.6500 & n_{d12} &= 1.72916 & \nu_{d12} &= 54.68 \\
r_{13} &= -14.5935 \\
d_{13} &= D_{13} \\
r_{14} &= 12.7727 \\
d_{14} &= 1.0000 & n_{d14} &= 1.48749 & \nu_{d14} &= 70.23 \\
r_{15} &= 20.3281 \\
d_{15} &= D_{15} \\
r_{16} &= 58.0852 \\
d_{16} &= 0.7000 & n_{d16} &= 1.84666 & \nu_{d16} &= 23.78 \\
r_{17} &= 6.5000 \\
d_{17} &= 1.4500 & n_{d17} &= 1.74320 & \nu_{d17} &= 49.34 \\
r_{18} &= -51.3433 \text{ (非球面)} \\
d_{18} &= 0.7000 \\
r_{19} &= \infty \\
d_{19} &= 0.6000 & n_{d19} &= 1.51633 & \nu_{d19} &= 64.14 \\
r_{20} &= \infty \\
d_{20} &= D_{20} \\
r_{21} &= \infty \text{ (撮像面)} \\
d_{21} &= 0
\end{aligned}$$

非球面係数

第 2 面

$K = 0$

$A_4 = -3.1826 \times 10^{-4}$ $A_6 = -1.6763 \times 10^{-5}$ $A_8 = -7.7198 \times 10^{-7}$

$A_{10} = 0$

第 9 面

$K = 0$

$A_4 = -6.9648 \times 10^{-4}$ $A_6 = -8.0348 \times 10^{-6}$ $A_8 = -1.6092 \times 10^{-6}$

$A_{10} = 0$

第 18 面

$K = 0$

$A_4 = 6.1299 \times 10^{-5}$ $A_6 = 5.4502 \times 10^{-4}$ $A_8 = -6.3390 \times 10^{-5}$

$A_{10} = 0$

ズームデータ

D 0 (物体から第 1 面までの距離) が ∞ のとき

	広角端	中間	望遠端
f (mm)	3.25820	5.63973	9.74758
F n o .	2.6621	3.5594	4.5487
D 0	∞	∞	∞
D 7	10.78027	5.54380	0.89779
D 13	1.09990	10.18514	1.29971
D 15	5.62926	1.79170	15.31194
D 20	0.99998	0.98447	0.99998

【 0 0 6 3 】

次に、第 1 ～ 第 5、第 9、第 10 実施例における条件式 (1) ～ (4) のパラメータ値及びプリズムの屈折率を表 1、表 2 に示す。表 1、表 2 では透過率の最大値と最小値のみを示しているが、それらの値の中間値を連続的にとることもできる。

表 1

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
$(R_A - R_C) / (R_A + R_C)$	—	—	—	—	—
$\tau_{440} / \tau_{520} (\tau_{\max} \text{時})$	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951
$\tau_{600} / \tau_{520} (\tau_{\max} \text{時})$	0.994	0.994	0.994	0.994	0.994
$\tau_{440} / \tau_{520} (\tau_{\min} \text{時})$	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917
$\tau_{600} / \tau_{520} (\tau_{\min} \text{時})$	1.028	1.028	1.028	1.028	1.028
$\tau_{520} (\tau_{\max} \text{時})$	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
$\tau_{520} (\tau_{\min} \text{時})$	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
F 値 (最短焦点距離時)	2.5426	2.6413	2.6768	2.8592	2.8339
画素ピッチ a (μm)	2.5	2.2	2	2	2
プリズムの屈折率	—	—	—	1.8061	1.80518

表 2

	実施例 9	実施例 10
$(R_A - R_C) / (R_A + R_C)$	-0.023	—
$\tau_{440} / \tau_{520} (\tau_{\max} \text{時})$	0.951	0.951
$\tau_{600} / \tau_{520} (\tau_{\max} \text{時})$	0.994	0.994
$\tau_{440} / \tau_{520} (\tau_{\min} \text{時})$	0.917	0.917
$\tau_{600} / \tau_{520} (\tau_{\min} \text{時})$	1.028	1.028
$\tau_{520} (\tau_{\max} \text{時})$	0.81	0.81
$\tau_{520} (\tau_{\min} \text{時})$	0.18	0.18
F 値 (最短焦点距離時)	2.6761	2.6621
画素ピッチ a (μm)	2	2
プリズムの屈折率	—	—

図 1 5 及び図 1 6 は、本発明の電子撮像装置を組み込んだデジタルカメラの概略図である。ここで、図 1 5 はデジタルカメラの外観を示す前側斜視図、図 1 6 は同後側斜視図である。なお、図 1 5 に示すデジタルカメラは、撮像光路をデジタルカメラ本体の長辺方向に折り曲げた構成となっている。この例の場合、デジタルカメラは、撮影光路 2 を有する撮影光学系 1、ファインダー用光路 4 を有するファインダー光学系 3、シャッター 5、フラッシュ 6、液晶表示モニター 7 等を含んでいる。また、カメラの上部に配置されたシャッター 5 を押圧すると、それに連動して撮影光学系 1、例えば、第 1 実施例の光路折り曲げ光学系を通して撮影が行なわれるようになっている。

What is claimed is:

1. 屈折力を持つ面を少なくとも1つ有するか、又は、平面と2つの透過面を少なくとも有する第1光学素子と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透過面又は反射面を有する第2光学素子とを含み、前記第1光学素子の1つの面と前記第2光学素子の1つの面とで前記化学物質を挟むように配置された光学成分を含む光学系を有する電子撮像装置。

2. 波長520nmにおける前記第1光学素子、化学物質、第2光学素子全体の透過率を τ_{520} とすると、 $\tau_{min} \leq \tau_{520} \leq \tau_{max}$ 全域での分光透過率が次の条件式を満足する請求項1に記載の電子撮像装置。

$$0.70 < \tau_{440} / \tau_{520} < 1.20$$

$$0.80 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.30$$

但し、 τ_x (xは数字)は波長xnmにおける前記第1光学素子、化学物質及び第2光学素子を含む光学系全体の透過率である。即ち、 τ_{440} は波長440nmの光の透過率、 τ_{600} は波長600nmの光の透過率である。また、 τ_{min} は、透過率を変化させることのできる前記化学物質が最も不透明な状態になっている時の最小透過率、 τ_{max} は透過率を変化させることのできる前記化学物質が最も透明な状態になっている時の最大透過率である。

3. 次の条件式を満足する前記光学系と電子撮像素子とを有する請求項1に記載の電子撮像装置。

$$F > a \quad (a \leq 3.5 / \mu m)$$

但し、Fは前記光学系における最も焦点距離が短い状態での開放F値、aは前記光学系を通して得られた物体像を電気信号に変換する前記電子撮像素子の水平又は垂直方向の画素ピッチ(μm)である。

4. 前記光学系における最も像側のレンズ群が変倍時に固定されていることを

特徴とする請求項 1 に記載の電子撮像装置。

5. 前記光学系における最も像側のレンズ群が全体で 1 つのレンズ成分で構成され、前記レンズ成分を構成する屈折力を持つ光学素子のうちの 1 つが前記第 1 光学素子である請求項 1 に記載の電子撮像装置。

6. 前記光学系における最も像側の可動群がフォーカシング機能を有することを特徴とする請求項 1 に記載の電子撮像装置。

7. プリズムと光路を折り曲げるための反射面を少なくとも 1 つ含む請求項 1 に記載の電子撮像装置。

8. 前記第 1 光学素子が前記プリズムであり、前記プリズムの 1 つの平面に前記化学物質を接するように配置し、さらに、前記第 2 光学素子を該第 2 光学素子の平面が前記化学物質に対して前記プリズムとは反対側から接するように配置し、前記第 2 光学素子のいずれかの光学面を前記光路を折り曲げるための反射面とした請求項 7 に記載の電子撮像装置。

9. 前記光学系をズームレンズで構成した請求項 1 に記載の電子撮像装置。

10. 前記ズームレンズの電子撮像装置収納状態における該ズームレンズの最も物体側の面頂から結像位置までの厚さが 20 mm 未満である請求項 9 に記載の電子撮像装置。

11. 物体からの光路に沿って、変倍時に可動な全ての群における最も物体側のレンズよりも物体側にプリズムと光路を折り曲げるための反射面を少なくとも 1 つ含む請求項 9 に記載の電子撮像装置。

12. 前記第 1 光学素子が前記プリズムであり、前記プリズムの 1 つの平面に前

記化学物質を接するように配置し、さらに、前記第2光学素子を該第2光学素子の平面が前記化学物質に対して前記プリズムとは反対側から接するように配置し、前記第2光学素子のいずれかの光学面を前記光路を折り曲げるための反射面とした請求項11に記載の電子撮像装置。

13. 前記プリズムが、物体からの光路に沿って前記光学系における最も物体側に配置されている請求項12に記載の電子撮像装置。

14. 前記プリズムの前記物体からの光路に沿う最も物体側の面が凹面である請求項13に記載の電子撮像装置。

15. 前記光学系が、正の屈折力を持ち広角端から望遠端に変倍する際に単調に物体側に移動するレンズ群を少なくとも含む結像光学系である請求項6に記載の電子撮像装置。

16. 前記レンズ群が、物体側から順に、正レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズとの2群3枚のレンズで構成されている請求項15に記載の電子撮像装置。

17. 前記レンズ群が、開口絞りよりも像側に配置されている請求項15に記載の電子撮像装置。

18. 前記開口絞りは光軸方向の位置が変倍時固定であり、前記開口絞りよりも物体側に変倍時に移動する負の屈折力を持つレンズ群を有する請求項17に記載の電子撮像装置。

19. 前記負の屈折力を持つレンズ群が、物体側から順に、両凹レンズと、正レンズとで構成されている請求項18に記載の電子撮像装置。

20. 前記プリズムの屈折率が、1.68以上である請求項8に記載の電子撮像装置。

21. 前記光学系の状態と前記電子撮像素子から得られる映像に関連した電気信号と前記媒質の透過率をそれぞれ電気的に制御する手段を備えた請求項1に記載の電子撮像装置。

22. 平面及び屈折力を持つ面、又は、平面及び反射面を有する第1光学素子と、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透過面又は反射面を有し、かつ、平面を有する第2光学素子とを含み、前記第1光学素子の平面と前記第2光学素子の平面とで前記化学物質を挟むように配置された光学成分を含む光学系を有する電子撮像装置。

23. 前記第1光学素子は、屈折力を有する面と平面とからなるレンズ、屈折力を有する面のみからなるレンズ、プリズム、及び形状可変ミラーの何れかである請求項1に記載の電子撮像装置。

24. 前記第2光学素子は平行平板、屈折力を有する面と平面とからなるレンズ、及び屈折力を有する面のみからなるレンズの何れかである請求項1または22に記載の電子撮像装置。

25. 次の条件式を満足する光学系を用いた請求項1または22に記載の電子撮像装置。

$$-0.05 < (R_A - R_C) / (R_A + R_C) < 0.05$$

但し、 R_A は前記化学物質に接する前記第1光学素子の面の曲率半径、 R_C は前記化学物質に接する前記第2光学素子の面の曲率半径である。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

電子撮像装置は、平面及び屈折力を持つ面を有する第1光学素子Aと、電気量に応じた化学変化により光の透過率を変化させることの出来る化学物質と、透過面を有し、かつ、平面を有する第2光学素子とを含み、第1光学素子の平面と第2光学素子の平面とで化学物質を挟むように配置された光学成分を含む光学系を有する。波長520nmにおける第1光学素子、化学物質、第2光学素子を含む光学系全体の透過率を τ_{520} とすると、 $\tau_{min} \leq \tau_{520} \leq \tau_{max}$ 全域での分光透過率が次の条件式を満足する。

$$0.70 < \tau_{440} / \tau_{520} < 1.20$$

$$0.80 < \tau_{600} / \tau_{520} < 1.30$$

但し、 τ_x (xは数字) は波長xnmの透過率である。